

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 75 18682

(54) Machine éolienne à vitesse de rotation constante.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). F 03 D 7/04.

(22) Date de dépôt 6 juin 1976, à 16 h.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 53 du 31-12-1976.

(71) Déposant : BUYS Victor, résidant en France.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bugnion International France SA, 23-25, rue Nicolas-Leblanc, 59000 Lille.

BEST AVAILABLE COPY

La présente invention est relative à une machine éolienne, et plus précisément à une machine éolienne à vitesse de rotation constante.

On sait que le bon fonctionnement de nombreuses machines tournantes nécessite un entraînement de celles-ci à une vitesse aussi constante que possible.

C'est notamment le cas des génératrices électriques, dont la tension de sortie est étroitement liée à la vitesse de rotation.

Or, les machines éoliennes connues à ce jour ne sont pas en mesure de fournir une telle vitesse de rotation constante du fait de leur sensibilité à la variation de la vitesse du vent. Ceci a pour conséquence, lorsque l'on utilise la machine éolienne pour entraîner en rotation une génératrice électrique, de provoquer une variation de la tension de sortie de celle-ci ; ceci se traduit, si l'ensemble est utilisé en parallèle avec un réseau de distribution d'électricité à tension constante dans le but d'effectuer un apport d'énergie à celui-ci, par une consommation d'énergie, et non par un apport, chaque fois que la tension délivrée par la génératrice entraînée par la machine éolienne tombe en dessous de la tension de référence du réseau ; des dispositifs électriques auxiliaires doivent donc être prévus pour déconnecter la génératrice lorsque sa tension de sortie devient insuffisante, c'est-à-dire lorsque la vitesse du vent diminue en deçà d'une certaine valeur, ce qui est coûteux et nuit au rendement de l'ensemble.

Dans le cas où la machine entraînée par la machine éolienne est une pompe, les variations de la vitesse du vent se traduisent par une variation du débit de la pompe, ce qui oblige à prévoir également des dispositifs auxiliaires pour réguler ce débit, par exemple dans le cas où l'on désire alimenter à un débit constant une installation d'irrigation.

On a remédié partiellement à cette trop grande sensibilité de la vitesse de rotation des éoliennes à des variations de la vitesse du vent en montant chaque pale de l'hélice à rotation sur elle-même, de façon à permettre une variation du pas. Mais cette variation est actuellement commandée manuellement, ce qui ne permet qu'une adaptation du pas à la vitesse moyenne du vent, et non une adaptation automatique de chaque instant.

Le but de la présente invention est par conséquent de proposer un nouveau type d'éolienne, conçu de telle façon qu'une variation, même faible, de la vitesse du vent provoque automatiquement une adap-

tation du pas de l'hélice tel que cette dernière tourne toujours à la même vitesse. Ainsi, le débit de la machine réceptrice, qu'il s'agisse d'une machine électrique ou d'une machine telle qu'une pompe, se maintient à une valeur constante et aucun dispositif auxiliaire de régulation n'est plus nécessaire ; dans le cas de la production d'énergie électrique complémentaire, le rendement de l'installation est considérablement accru par rapport à ce qui est connu puisque l'installation réalisée selon l'invention fonctionne toujours en générateur.

10 Ce résultat est obtenu selon l'invention de façon entièrement automatique, par comparaison mécanique constante entre la vitesse de rotation de l'hélice et une vitesse de référence définie par un moteur, qui a également pour rôle de provoquer la variation du pas. Ce dispositif selon l'invention est simple et économique, ne
15 faisant notamment appel à aucun constituant électronique ou hydraulique.

La modification du pas de l'hélice peut aller jusqu'à une mise en drapeau de celle-ci si sa vitesse de rotation devient excessivement supérieure à celle du moteur, ce qui constitue une sécurité en
20 cas de tempête ou en cas de panne du moteur.

Il est de plus ainsi possible, selon l'invention, de mettre l'hélice en drapeau par simple arrêt du moteur lorsque, par exemple, la vitesse du vent n'est pas suffisante pour que la génératrice entraînée par l'éolienne débite à une tension suffisante ; cet arrêt
25 du moteur ou sa mise en route peuvent être également provoqués de façon automatique, son circuit d'alimentation pouvant être ouvert ou fermé par un électro-aimant dont la bobine est alimentée par une dynamo entraînée par une hélice secondaire disposée coaxialement à la première et en avant de celle-ci afin de constituer un témoin de
30 la vitesse du vent insensible aux perturbations causées par l'hélice principale.

Dans le cas où l'on utilise la machine éolienne pour entraîner en rotation un alternateur, l'électricité produite par cette dynamo peut être avantageusement utilisée pour réaliser l'excitation de
35 l'alternateur, ce qui permet d'une part d'augmenter la production électrique lorsque la vitesse du vent augmente et d'autre part de limiter la consommation énergétique de la génératrice à la seule énergie qui peut lui être fournie par le vent. De plus, les réactions de la dynamo à une variation de la vitesse du vent étant plus rapides
40 que l'adaptation du pas de l'hélice principale du fait de l'inertie de l'ensemble de commande de celle-ci, une baisse de la vitesse du

vent provoque une diminution de l'excitation de la génératrice et par conséquent de son appel en énergie avant que l'adaptation du pas de l'hélice principale ait lieu ; ceci permet d'éviter au maximum le phénomène de battement de la vitesse de rotation de l'hélice principale autour de la vitesse de référence, dû à un ajustement par approximations successives de l'appel de la génératrice à l'énergie que peut lui fournir le vent , qui se produirait par exemple si l'on avait recours à une auto-excitation de l'alternateur.

La machine éolienne selon l'invention, destinée à l'entraîner^{d'} ment en rotation, à vitesse constante, une machine réceptrice telle qu'une génératrice électrique, la dite éolienne comportant une hélice rotative principale à pas variable en liaison avec la dite machine réceptrice, est caractérisée en ce qu'elle comporte un ensemble moteur définissant une vitesse de rotation de référence, et des moyens pour faire varier automatiquement le pas de l'hélice principale lorsqu'une variation de la vitesse du vent tend à faire varier la vitesse de rotation de la dite hélice par rapport à la dite vitesse de référence, de façon à maintenir automatiquement l'égalité entre ces deux vitesses de rotation.

L'invention sera mieux comprise si l'on se réfère à la description ci-dessous, relative à un mode de réalisation non limitatif, ainsi qu'aux dessins annexés, qui font partie intégrante de cette description.

La figure 1 montre une tête d'éolienne selon l'invention, en coupe suivant un plan vertical axial.

La figure 2 montre une vue de devant d'une moitié du moyeu de l'hélice principale, en coupe partielle, montrant les biellettes de modification du pas.

La figure 3 illustre le fonctionnement de l'éolienne selon l'invention au moyen d'un schéma d'ensemble.

La tête d'éolienne représentée ici est plus particulièrement destinée à être placée au sommet d'un pylône (non représenté) et montée à rotation par rapport à celui-ci autour d'un axe vertical 1, de façon à prendre une orientation telle que son axe 2, généralement sensiblement horizontal, soit toujours orienté parallèlement à la direction 3 du vent, face à celui-ci.

A cet effet, la tête d'éolienne représentée ici comporte un corps 4 muni à sa partie inférieure d'une couronne horizontale 5 servant de chemin de roulement pour des galets (non représentés) solidaires de la partie supérieure du pylône. Le changement d'orientation du corps 4 et de l'axe 2 en fonction de modifications dans

la direction du vent peut être obtenue soit manuellement, soit automatiquement par exemple au moyen d'une dérive fixée à l'arrière 10 du corps 4 (non représentée ici).

Vers l'avant, face au vent, le corps 4 se prolonge par le moyeu 7 de l'hélice principale 8, monté à rotation autour de l'axe 2, qui constitue également l'axe de l'hélice 8 ; le moyeu 7 est lui-même prolongé vers l'avant par un carénage aérodynamique 9.

Comme le montre la figure 1, le moyeu 7 de l'hélice 8 est solidaire d'un arbre 10 qui lui est coaxial et qui est monté à rotation autour de l'axe 2 par rapport au corps 4, par exemple au moyen de deux paliers 11 et 12 situés à l'intérieur de celui-ci.

Dans sa rotation autour de l'axe 2 consécutive à l'action du vent sur les pales 13 à 16 de l'hélice principale 8, l'arbre d'hélice 10 entraîne en rotation une machine réceptrice logée par exemple au pied du pylône, par l'intermédiaire d'un pignon d'angle 17 s'engrenant sur un deuxième pignon d'angle 18 lui-même solidaire d'un arbre vertical 19 axé sur l'axe 1 et dont est solidaire la partie tournante de la machine réceptrice. Dans le cas de ce mode de réalisation, cette machine réceptrice est par exemple située au pied du pylône ou à poste fixe par rapport à celui-ci, mais on pourrait également prévoir des modes de réalisation selon lesquels la machine réceptrice serait logée à l'intérieur même du corps 4 et entraînée par l'arbre d'hélice 10, directement par l'intermédiaire de trains de pignons (voir également la figure 3 en ce qui concerne la liaison entre l'arbre d'hélice 10 et la machine réceptrice 20).

Selon l'invention, des moyens sont prévus pour faire varier le pas de l'hélice principale 8 en fonction de la vitesse du vent, de façon que les variations de celle-ci laissent insensible la vitesse de rotation de l'hélice principale 8.

Ces moyens agissent automatiquement par comparaison de chaque instant entre la vitesse à laquelle le vent tend à entraîner l'hélice 8 et une vitesse de rotation de référence définie par un ensemble moteur 21.

Cet ensemble moteur 21 se compose ici d'un moteur à vitesse de rotation constante 22, par exemple électrique, relié par une courroie 23 à un réducteur-variateur de vitesse 24 dont la vitesse de rotation de l'arbre de sortie 25 est par conséquent constante mais réglable. Cet arbre de sortie 25, axé sur l'axe 2, entraîne, éventuellement par l'intermédiaire d'un dispositif de sécurité tel qu'un accouplement à disques 27, un arbre de transmission 26 éga-

lement axé sur l'axe 2.

Dans l'exemple illustré, l'arbre de transmission 26 est logé à l'intérieur de l'arbre d'hélice 10, qui est creux.

5 Ces deux arbres sont fixes en translation l'un par rapport à l'autre mais mobiles en rotation relative ; une différence instantanée éventuelle entre leurs vitesses de rotation respectives due à une variation de la vitesse de rotation de l'hélice principale 8 consécutivement à une variation dans la vitesse du vent, se traduit selon l'invention par un déplacement d'un organe témoin, des moyens
10 de liaison traduisant les déplacements de ce dernier en des rotations sur elle-même de chacune des pales de l'hélice principale de sorte que, lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'hélice 10 est supérieure à celle de l'arbre de transmission 26, le pas de l'hélice principale 8 décroisse, et inversement.

15 Dans l'exemple illustré, l'organe témoin est constitué par un écrou 28 porté par l'arbre de transmission 26, qui est fileté à cet effet, et fixe en rotation par rapport à l'arbre d'hélice 10 mais susceptible de translation le long de celui-ci ; les deux arbres 26 et 10 sont ici entraînés en rotation dans le même sens.

20 Ainsi, une différence de vitesse de rotation relative entre les arbres 26 et 10 se traduit par un déplacement de l'écrou 28 le long de l'arbre 10.

La liaison entre l'écrou et chacune des pales telles que 13 de l'hélice principale 8 est assurée par une bielle 29 articulée
25 d'une part sur un téton tel que 30 solidaire de l'écrou 28 et d'autre part sur un organe 31 solidaire de la pale telle que 13 et formant manivelle par rapport à l'axe de rotation tel que 32 de celle-ci sur elle-même (voir la figure 2).

Cet axe tel que 32 est défini par l'axe d'un arbre cylindrique
30 33 dont la direction générale est celle de la pale correspondante telle que 13, cet arbre 33 étant monté à rotation sur lui-même mais fixe en translation à l'intérieur d'un manchon 34 solidaire du moyeu 7 de l'hélice principale 8 ; l'extrémité telle que 35 de cet arbre 33 située à l'intérieur du moyeu 7 reçoit la manivelle 31.

35 Dans l'exemple illustré où l'arbre de transmission fileté 26 est logé à l'intérieur de l'arbre d'hélice 10, ce sont les tétons tels que 30 de l'écrou 28 qui assurent la solidarisation de celui-ci en rotation avec l'arbre d'hélice 10, en traversant ce dernier par des lumières longitudinales telles que 36. D'autres moyens
40 pourraient naturellement être prévus à cet effet, notamment dans le

cas où l'arbre de transmission 26 ne serait pas logé à l'intérieur de l'arbre d'hélice.

L'homme de l'art déterminera facilement quel doit être le sens relatif des pas de l'hélice principal 8 et du pas de la partie file-
5 tée 37 de l'arbre de transmission 26 pour qu'une variation de la vitesse du vent tendant à faire varier la vitesse de rotation de cette hélice par rapport à la vitesse de référence provoque une variation automatique du pas de l'hélice 8 dans le sens d'un main-
10 tien de l'égalité entre ces deux vitesses de rotation : un accroissement de la vitesse du vent doit en effet aboutir à une réduction du pas de l'hélice, une diminution de la vitesse du vent devant au contraire se traduire par une augmentation de ce pas.

L'amplitude possible de variation du pas de l'hélice est fonction, dans l'exemple illustré, de la longueur des lumières 36
15 de l'arbre d'hélice 10 et de la partie filetée 37 de l'arbre de transmission 26 ; elle est de préférence telle que l'on puisse aller jusqu'à une mise en drapeau de cette hélice lorsque la vitesse de rotation de celle-ci tend à devenir trop nettement supérieure à la vitesse de référence.

20 Ceci constitue par exemple une sécurité en cas de tempête, ou en cas d'un arrêt accidentel du moteur 22, mais peut également être utilisé dans le but de ne mettre en route l'hélice principale 8 que lorsque la vitesse du vent atteint une valeur suffisante, prédéterminée.

25 A cet effet, selon l'invention, on ne provoque la mise en route du moteur 22 que lorsque la vitesse du vent devient suffisante, cette vitesse étant évaluée à la tension de sortie d'une dynamo 38 placée à l'avant du carénage 9, suivant l'axe 2, et porteuse d'une hélice secondaire 39 montée à rotation autour de ce dernier et en-
30 traînant son rotor.

Comme le montre la figure 3, la dynamo 38 débite dans un circuit fermé sur l'électro-aimant 40 d'un contacteur électromagnétique à fermeture 41, intercalé dans le circuit d'alimentation du
35 moteur 22 et fermant celui-ci vers le secteur ou vers des accumulateurs, en 42, lorsque la tension du courant délivré par la dynamo 38 devient suffisante, c'est-à-dire lorsque la vitesse de rotation de l'hélice secondaire 39, elle-même fonction de la vitesse du vent, devient supérieure à un seuil prédéterminé.

La correspondance entre le seuil de tension correspondant à
40 la fermeture du contacteur 41 et le seuil prédéterminé de vitesse

du vent à partir duquel l'hélice 8 entre en rotation peut être établie au moyen de tout dispositif de tarage connu du circuit.

Dans le cas, illustré à la figure 3, où l'on utilise l'éolienne selon l'invention pour entraîner en rotation le rotor d'un alternateur 20, le courant fourni par la dynamo 38 peut également être utilisé pour assurer l'excitation de l'alternateur 20.

Comme il a été dit plus haut, il est ainsi possible d'anticiper, au niveau de l'excitation de l'alternateur, la modification du pas de l'hélice principale 8 consécutivement à une variation dans la vitesse du vent, et d'éviter ainsi au maximum tout battement des pales de cette hélice autour de la position requise lors de l'adaptation du pas. Ainsi, l'alternateur 20 peut fonctionner constamment en générateur, ce qui améliore son rendement.

Naturellement, le courant électrique délivré par l'alternateur 20 peut ensuite être utilisé à toutes fins et par exemple pour alimenter des accumulateurs, après redressement, ou pour l'éclairage ou le chauffage d'une habitation, ou pour apporter une force motrice d'appoint à un moteur, etc....

Naturellement, la machine entraînée par l'éolienne selon l'invention peut être de tout type, électrique ou purement mécanique.

Dans un cas comme dans l'autre, l'installation se caractérise par sa grande régularité de fonctionnement, et par une protection très efficace contre tout incident tel que tempête ou panne de courant, du fait de la mise ^{en} drapeau automatique de l'hélice lorsque sa vitesse de rotation tend à devenir excessive.

Dans le cas de petites installations, on peut adopter le mode de réalisation illustré, la tête d'éolienne étant orientable par rapport à son support.

Dans le cas de très grandes réalisations, il peut être plus avantageux de disposer de plusieurs éoliennes fixes, par exemple 8, disposées suivant un cercle, par exemple de 200 mètres de rayon. La répartition des variations continues de la vitesse du vent sur l'ensemble de ces éoliennes permet d'obtenir, d'une part, une puissance moyenne plus stable et d'autre part, grâce à la construction en série et aux coefficients de résistance abordables, une construction plus économique.

En se référant aux dimensions des ailes d'un moulin à vent de type hollandais, on peut préconiser pour l'hélice principale un diamètre de 25 à 30 mètres, ce chiffre n'étant naturellement donné

qu'à titre purement indicatif. Le nombre de pales peut être de 4, comme dans l'exemple illustré, mais il peut également être inférieur ou supérieur.

- 5 En partant du principe que, pour des installations de cette dimension, un tiers de l'énergie théorique du vent est récupérable, et compte tenu des rendements aéro-dynamiques (de l'ordre de 80 %) mécaniques (de l'ordre de 90 %) et électriques (de l'ordre de 90 %), on peut prendre comme base de calcul de l'énergie :

$$W = \frac{v^3 D^2}{12} \text{ watt}$$

- 10 où v est la vitesse du vent en mètre par seconde et D le diamètre de l'hélice principale.

- Ainsi, lorsque la vitesse moyenne du vent est de 10 m/s, comme à LILLE, TOULON, BREST et CAP DE LA HEVE, la production d'un groupe de 8 éoliennes dont l'hélice principale présente un diamètre
15 de 30 m est de l'ordre de 600 K Watt, ce qui représente une production annuelle de 2.880.000 KWh si l'on suppose que le chiffre de 10 m/s pour la vitesse moyenne du vent est valable pour environ la moitié de l'année.

REVENDECATIONS

1) Machine éolienne destinée à l'entraînement en rotation, à vitesse constante, d'une machine réceptrice telle qu'une génératrice électrique, la dite éolienne comportant une hélice rotative principale à pas variable en liaison avec la dite machine réceptrice, caractérisée en ce qu'elle comporte un ensemble moteur définissant une vitesse de rotation de référence, et des moyens pour faire varier automatiquement le pas de l'hélice lorsqu'une variation de la vitesse du vent tend à faire varier la vitesse de rotation de l'hélice par rapport à la dite vitesse de référence, de façon à maintenir automatiquement l'égalité entre ces deux vitesses de rotation.

2) Machine éolienne selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens pour faire varier automatiquement le pas de l'hélice principale comportent un organe témoin susceptible de subir des déplacements représentatifs de la variation de la vitesse de rotation de l'hélice principale par rapport à la vitesse de référence, et des moyens de liaison traduisant les dits déplacements en une rotation sur elle-même de chacune des pales de l'hélice principale de sorte que, lorsque la vitesse de rotation de l'hélice principale est supérieure à la vitesse de référence, le pas de l'hélice principale décroisse, et inversement.

3) Machine éolienne selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle comporte deux arbres coaxiaux dont l'un, ou "arbre d'hélice", est solidaire en rotation de l'hélice principale, dont qu'il définit l'axe, et dont l'autre, ou "arbre de transmission", est entraîné à la vitesse de référence par l'ensemble moteur, les dits arbres étant fixes en translation relative mais mobiles en rotation relative, et en ce que l'organe témoin comporte un écrou porté par l'arbre de transmission, qui est fileté, et fixe en rotation par rapport à l'arbre d'hélice mais susceptible de translation le long de celui-ci.

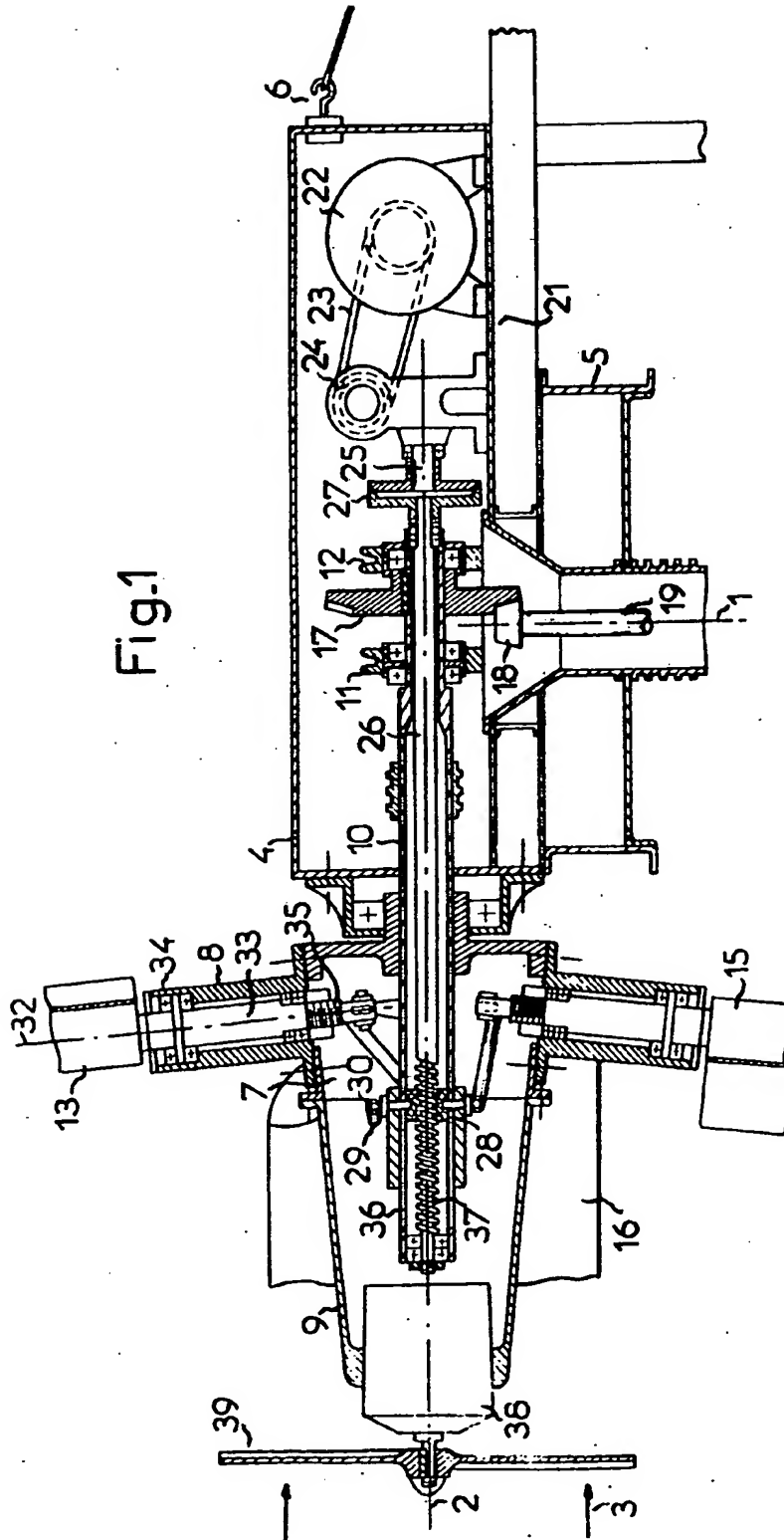
4) Machine éolienne selon la revendication 3, caractérisée en ce que l'arbre de transmission est logé coaxialement à l'intérieur de l'arbre d'hélice, qui est creux.

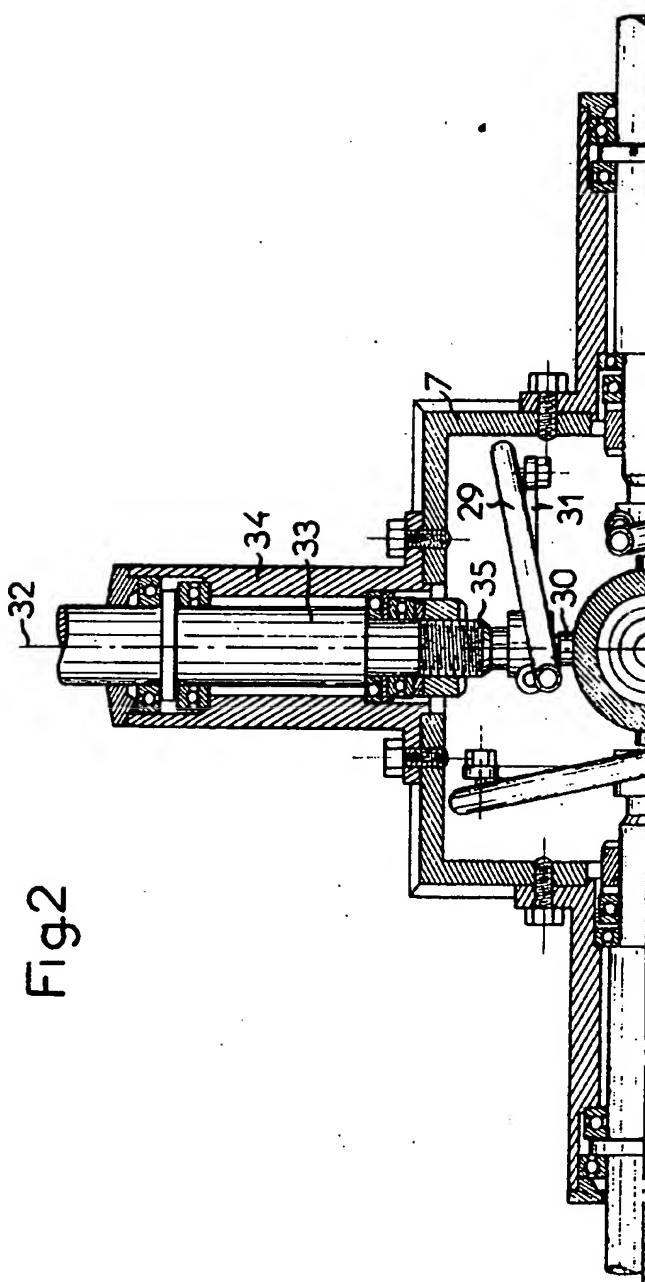
5) Machine éolienne selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que les moyens de liaison sont constitués par des biellettes dont chacune est articulée d'une part sur l'écrou, d'autre part sur un organe solidaire d'une pale de l'hélice principale et formant manivelle par rapport à l'axe de rotation

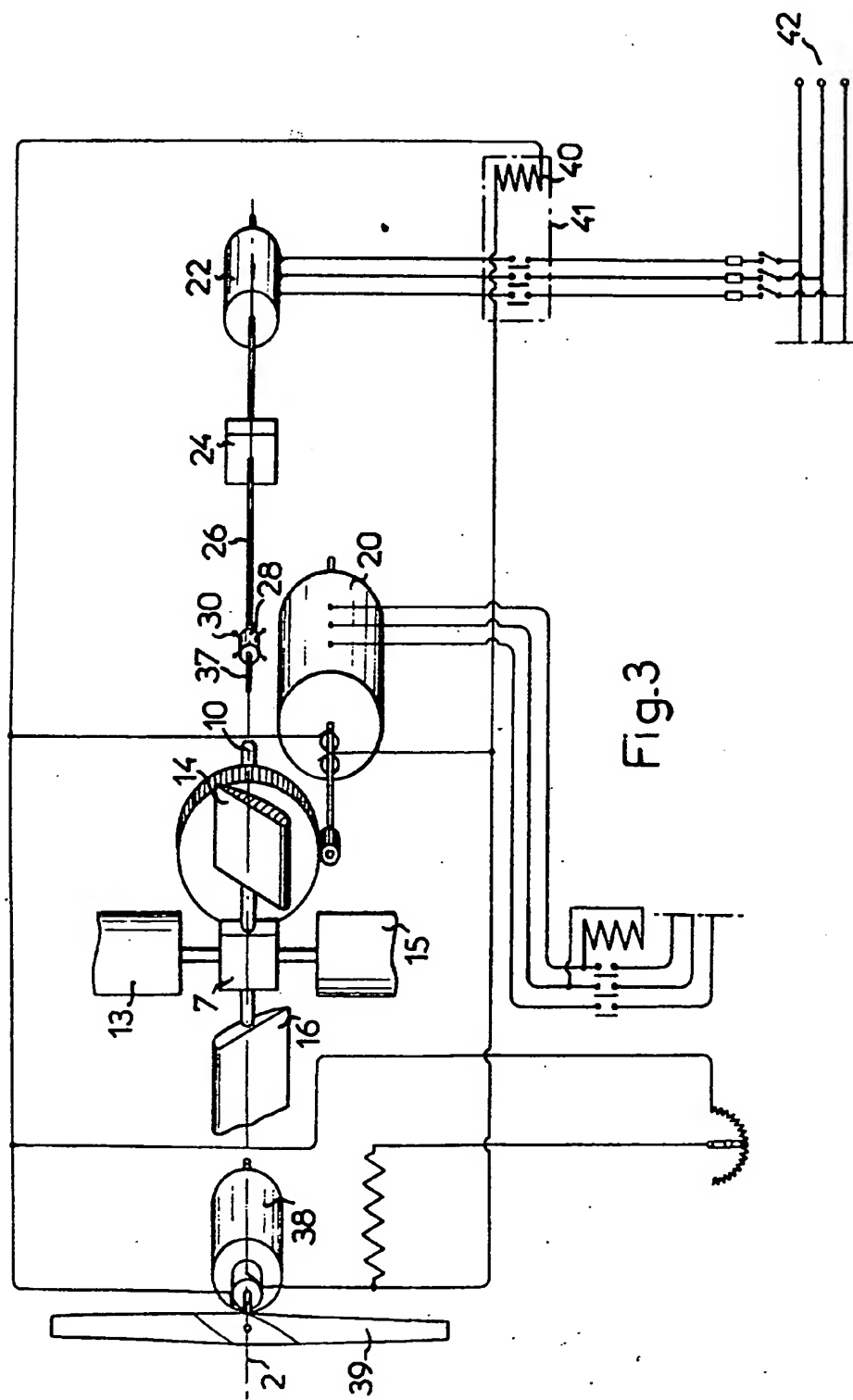
de la dite pale sur elle-même.

- 6) Machine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte, disposée coaxialement à l'hélice principale et en avant de celle-ci par rapport
- 5 au sens du vent, une hélice secondaire entraînant en rotation une dynamo dont le circuit de sortie se ferme sur l'électro-aimant d'un contacteur électro-magnétique provoquant la mise en route de l'ensemble moteur lorsque la tension délivrée par la dynamo dépasse un seuil prédéterminé.
- 10 7) Machine éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, destinée à l'entraînement en rotation, à vitesse constante, du rotor d'un alternateur, caractérisée en ce qu'elle comporte, disposée coaxialement à l'hélice principale et en avant de celle-ci par rapport au sens du vent, une hélice secondaire entraînant en
- 15 rotation une dynamo reliée électriquement au dit alternateur de façon à en assurer l'excitation.

Fig.1







**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.